

영상정합을 이용한 지문 인증 성능 향상

채승훈[†], 반성범^{**}, 문대성^{***}, 문기영^{****}, 정용화^{*****}

요 약

특징점 기반 지문 인증은 적은 양의 데이터만을 활용하여 소형화와 속도에서 유리하기 때문에 주로 이용되지만 잘못 추출된 특징점에 의해 지문 인증 오류가 발생된다. 현재 이 문제를 해결하기 위한 많은 방법들이 제안되었다. 하지만 지문입력시 발생하는 잡음등과 같은 외부적 요인과 여러 처리 단계에서 발생하는 내부적 요인 등으로 왜곡 현상을 피하기 어렵기 때문에 전처리 과정의 개선에 의한 오류 감소는 한계를 가지고 있다. 반면에 영상 기반 지문정합은 특징점을 이용하지 않고 영상을 직접 비교하여 특징점에 의한 오류가 발생하지 않는다. 그러나 영상 기반 지문정합은 영상보정이 어려운 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 특징점 기반 지문정합과 영상 기반 지문정합을 함께 수행하여 효과적으로 인증 성능을 향상시키는 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 알고리즘을 실험한 결과 타인 인증 오류와 본인 거부 오류가 각각 2.7%와 6.5%에서 0.8%와 5.5%로 성능이 향상되었다.

Performance Improvement of Fingerprint Verification using Image Matching

Seung-Hoon Chae[†], Sung Bum Pan^{**}, Daesung Moon^{***},
Kiyoung Moon^{****}, Yonghwa Chung^{*****}

ABSTRACT

Fingerprint verification method based on minutiae has been widely used for its speed and size stemming from utilizing only a few data, but it is vulnerable to some errors caused by the false minutiae extractions. A number of suggestions have been made to correct these problems. However, because it is very difficult to avoid all the external factors, such as noises that occur when fingerprints are collected, and all the internal factors that occur during the process of them, there is a limit in minimizing errors by improving the whole process. On the other hand, a fingerprint verification method based on images yields fewer errors because it makes direct comparison between images not using minutiae. Image-based fingerprint verification method has its limitations in aligning images with accuracy. Therefore, this paper proposes a new methodology to improve the performance utilizing both image-based and minutiae-based verification methods effectively. As the result of experimenting with both images and minutiae, the false accept rate and the false reject rate have been improved from 2.7% to 0.8% and from 6.5% to 5.5%, respectively.

Key words: Biometrics(바이오인식), Fingerprint Verification(지문 인증), Image Matching(영상 정합)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 반성범, 주소 : 광주광역시 동구 서석동 375번지(501-759), 전화 : 062)230-6897, FAX : 062)230-7106, E-mail : sbpan@chosun.ac.kr
접수일 : 2007년 4월 18일, 완료일 : 2007년 11월 19일

[†] 조선대학교 정보통신공학부
(E-mail : ssuguly@gmail.com)

^{**} 종신회원, 조선대학교 정보통신공학부

^{***} 한국전자통신연구원

(E-mail : daesung@etri.re.kr)

^{****} 한국전자통신연구원

(E-mail : kymoon@etri.re.kr)

^{*****} 고려대학교 컴퓨터정보학과

(E-mail : ychungy@korea.ac.kr)

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업[2007-S-020-01, 프라이버시 보호형 바이오인식 시스템 개발]의 일환으로 수행하였음

1. 서론

컴퓨터 보급의 확산과 인터넷 등 전자매체의 발달로 인해 온라인 banking과 같은 전자거래의 비중이 점차 높아지고 있다. 이로 인해, 정확한 개인 인증에 대한 요구 또한 커지고 있다. 현재 가장 일반적인 인증 수단으로 사용되고 있는 PIN(Personal Identification Number) 또는 패스워드 방식은 유출 및 망각의 위험이 상존하므로, 이에 따른 보안상의 문제가 최근 들어 크게 부각되고 있다. 이러한 PIN 또는 패스워드 방식의 단점을 해결할 수 있는 개인인증 기술로서 바이오인식이 등장하였다. 바이오인식은 사용자가 소지하거나 암기할 필요가 없는 편리성 및 반드시 본인이 있어야 인식되는 높은 신뢰성 때문에 사용자 패스워드 또는 PIN, 그리고 신용카드 등을 보완할 수 있는 새로운 보안 수단이다.

바이오인식이란 개인의 생체적 혹은 행동적인 특성을 이용하여 개인을 인식하는 기술이다. 바이오 특징을 이용한 기술로는 지문, 얼굴, 홍채, 망막 및 정맥 인식 등이 있으며, 행동적 특징을 이용한 기술로는 서명 및 음성 인식 등이 대표적이다. 바이오인식 기술은 수년 간 도어록 등 출입통제 시스템과 관련된 물리적 보안에 적용되어 왔지만, 앞으로는 인터넷 banking, 전자 상거래, 원격 교육, 그리고 정보 보호 등 컴퓨터 보안에 적용 비율이 높아질 것이다. 이에 따라 네트워크를 지원하는 바이오인식 기술을 이용한 개인 인증 방법은 공개키 기반 구조(PKI : Public Key Infrastructure)의 전자서명 인증기술과 함께 중요한 개인 인증 수단으로 자리 잡게 될 전망이다. 바이오 정보들 중에서 지문은 오랜 연구를 통해 신뢰성이 입증되었을 뿐만 아니라 사용의 편리함, 구현 장비의 저가 그리고 소형화에 가장 부합하는 바이오 특징으로 평가 받고 있다. 이와 같은 이유 때문에 지문은 바이오인식에서 가장 널리 사용되고 있는 바이오 정보이다[1-4].

대표적인 지문 인식 방법은 특징점(Minutiae)을 이용한 방법이다. 이 방법은 지문에서 융선의 좌표, 각도 그리고 타입정보로 구성되는 분기점과 단점을 추출하여 두 지문의 특징점을 비교하는 방법이다. 특징점 기반 지문정합은 적은양의 데이터만을 활용하여 지문정합을 수행하기 때문에 소형화 및 고속처리에 적합한 방법으로 널리 사용되어지고 있다. 하지만

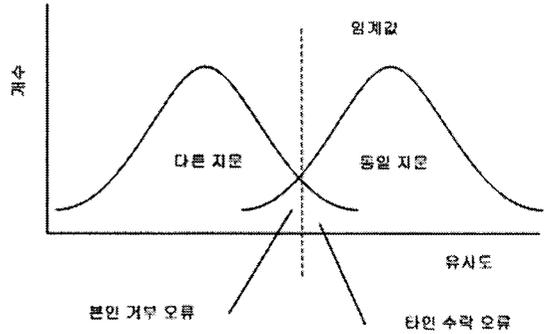


그림 1. 지문 인증 오류

특징점 비교 방법은 지문이 입력되는 상태에 따라 특징점 추출 시 지문의 분기점과 단점이 바뀌거나 추출되지 못하는 경우와 전처리 과정에서 존재하지 않는 특징점을 생성하거나 특징점을 제거하는 경우가 발생하게 되는데 이런 경우 본인 거부(FRR : False Reject Rate)와 타인 인증(FAR : False Accept Rate)과 같은 오류가 그림 1과 같은 모습으로 발생하게 된다[5].

지문인증 오류중에서 타인 인증 오류는 등록되지 않은 사용자를 등록된 사용자로 오인하는 오류이다. 이 오류는 보안을 중요시하는 분야와 정확한 인증이 필요한 금융 분야 등에서 치명적 오류가 된다. 이러한 오류를 감소시키기 위해서 융선의 흐름 및 특징점 사이의 융선 수를 이용한 지문 인증 연구가 진행되고 있으며, 최근에는 지문 인증시에 사용되는 지문 특징점을 보호하는 연구도 진행되고 있다[6,7]. 본 논문에는 타인 인증 오류를 감소시키기 위해 특징점 기반 지문 정합을 수행한 후, 그 결과 유사도가 지문인증 오류를 많이 포함하는 범위에 속할 경우 이진영상 기반의 지문 정합을 추가로 수행하여 타인 인증 오류를 감소시키는 알고리즘을 제안한다.

서론에 이어 2장에서는 특징점 기반 지문정합에 대해 설명하고 3장에서는 영상 기반 지문정합 방법과 제안한 특징점 기반과 이진영상 기반 지문정합을 함께 사용한 방법에 대해 설명한다. 그리고 4장에서는 제안한 알고리즘을 이용하여 실험한 결과를 보여 주고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 특징점 기반 지문 인증 분석

특징점 기반 지문 인증방법은 그림 2와 같이 지문

영상에서 특징점을 추출하는 단계와 추출된 특징점을 이용하여 특징점들을 보정한 후 일치하는 특징점 쌍을 찾아내어 유사도를 구하는 특징점 정합 단계로 구성되어 있다.

특징점 추출단계는 그림 3과 같이 영상개선(Gray Level Enhancement), 방향성 계산(Direction Calculation), 지문영역 분리(Segmentation), 이진화(Binarization), 세선화(Thinning), 특징점 추출(Minutiae Detection), 의사 특징점 제거(False Minutiae Removal) 단계를 갖는다.

지문의 입력과정에서 손가락에 묻은 땀과 먼지 등으로 생성되는 지문영상의 잡음을 개선하고 특징점 추출에 적합한 지문영상으로 교정하는 영상개선, 방향성 계산, 이진화 그리고 세선화 과정등의 전처리 과정을 거친 후 특징점을 추출한다. 이러한 과정에서 본래 존재하는 특징점들이 삭제되는 경우와 존재하지 않는 새로운 특징점이 생성되는 경우가 발생하게 된다. 그래서 특징점 추출 후 의사 특징점 제거과정을 거쳐 특징점으로써 의심이 되는 특징점을 제거하여 신뢰도가 높은 특징점을 추출한다.

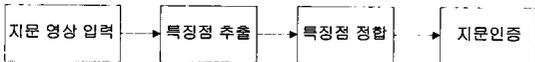


그림 2. 특징점 기반 지문 인증

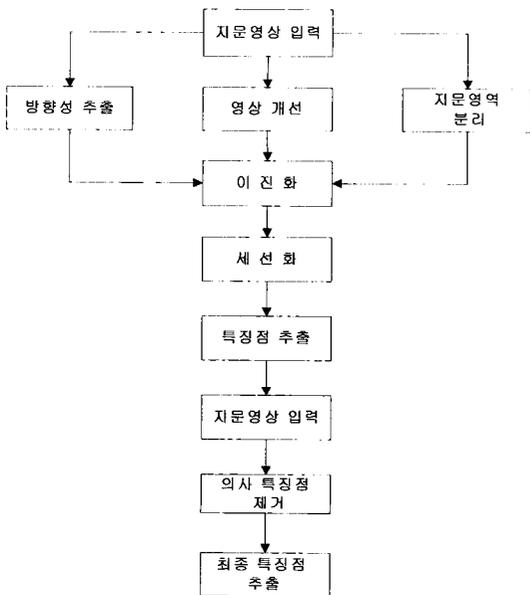


그림 3. 특징점 추출 모듈

특징점 정합과정은 그림 4와 같은 과정을 거치며 크게 보정과정(Alignment Stage)과 정합과정(Matching Stage)으로 구성된다. 보정과정은 두 지문의 천이 및 회전에 대해 보정하는 과정으로 대응쌍을 찾아내어 두 지문 특징점을 보정한다. 정합과정은 이렇게 보정된 등록 특징점과 입력 특징점의 좌표와 방향의 일치 정도를 판단하여 두 지문이 동일한 손가락에서 획득되었을 확률을 구하여 지문 인증을 수행한다[8-14].

특징점 기반 지문 인증은 특징점만을 이용하여 동일지문 여부를 판단한다. 하지만 특징점을 추출하는 과정에서 발생하는 잘못된 특징점 때문에 동일 특징점 개수가 많더라도 지문모양이 다른 경우가 발생하게 된다.

그림 5는 다른 지문 형태를 가졌지만 특징점을 보정 후 많은 특징점들이 서로 같은 좌표와 방향을 가지면서 동일 지문으로 인식되는 경우이다. 이와 같이 특징점 기반 지문정합은 실제 지문 모습과는 상관없이 지문 인증이 수행되어 오류가 발생된다. 이런 오류가 등록되지 않은 사용자에게 대한 인증을 허용하는 에러를 발생시킨다. 본 논문의 3장에서는 이런 타인 인증 오류를 줄이는데 효과적인 알고리즘을 제안한다.

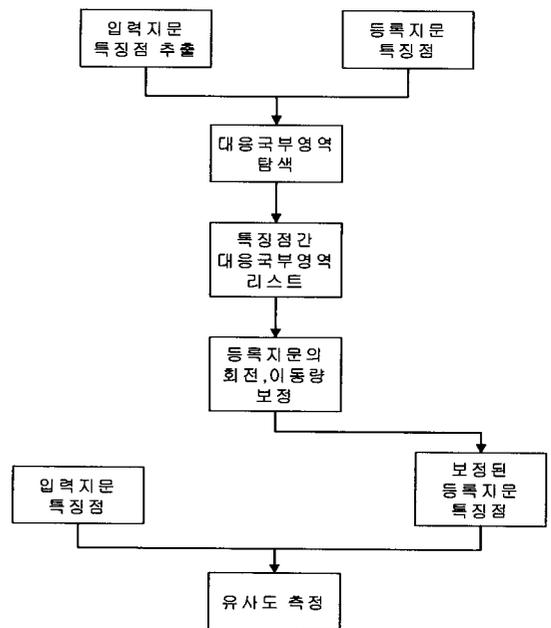


그림 4. 특징점 정합 모듈

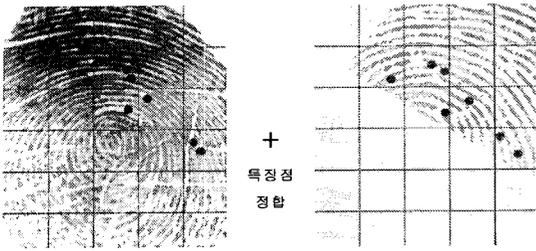


그림 5. 특징점 기반 지문정합 오류

3. 영상 기반 지문 인증

영상 기반 지문 인증은 그림 6과 같이 지문영상을 입력 받아 전처리 과정 없이 영상을 보정 후 직접 대조하는 방법이다.

이렇게 지문영상을 전처리 없이 직접 비교할 경우 지문영상은 그레이영상이기 때문에 두 지문을 명확히 비교하기 어렵다. 하지만 지문영상을 이진영상으로 변환 할 경우 두 지문영상을 정확히 비교하기 쉽게 되기 때문에 본 논문에서는 그림 7과 같이 영상 이진화 과정을 거쳐 지문정합을 수행한다.

3.1 이진영상 기반 지문정합

그림 8과 같이 두 동일 지문영상을 보정한 후 지문 영역만을 비교하였을 경우 동일 화소값일 경우를 나타낸 흰색영역이 다른 화소값을 표시한 회색영역보다 많이 분포하고 있으며 회색의 경우 지문의 융선 흐름과 같은 형태를 띤다.

하지만 그림 9와 같이 다른 지문영상일 경우 흰색 영역보다 회색영역이 더 많이 보이며 회색의 흐름이 융선의 흐름을 따르지 않는 모양을 보인다.

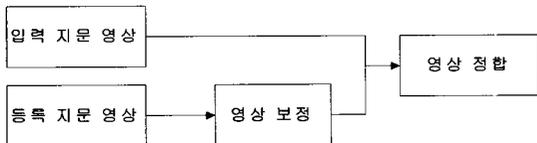


그림 6. 영상 기반 지문 인증



그림 7. 이진영상 기반 지문 인증



그림 8. 동일 지문을 이진영상 정합한 결과 영상



그림 9. 타인 지문을 이진영상 정합한 결과 영상

3.2 이진영상 기반 지문정합의 단점

이진영상 기반 지문정합에서는 영상보정이 중요하지만 지문영상은 기준점이 항상 존재하지 않기 때문에 영상 보정 과정이 복잡하고 어렵다. 이진영상 기반 지문정합시 보정과정의 제대로 수행되지 않을 경우 그림 10과 같이 동일 지문이지만 다른지문과 정합한 결과와 같은 형태를 가지게 된다.

또한 그림 11과 같이 영상 보정이 잘 이루어진 동일 지문이지만 융선의 번짐에 의해 융선 굵기가 차이가 많이 날 경우 본인 인증에 대한 오류가 발생된다.

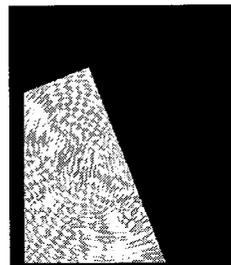


그림 10. 보정이 잘못된 이진영상 정합 결과

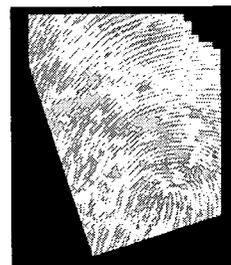


그림 11. 지문 융선의 굵기 차이로 인한 오류 영상

3.3 제안한 이진영상 기반 지문정합 알고리즘

본 논문에서 제안한 알고리즘은 특징점 기반 지문 정합의 특징점에 의한 오류를 줄이기 위해 특징점 기반을 수행한 후 그림 12와 같이 이진영상 기반 지문정합을 수행하였다.

이진영상 기반 지문정합은 지문영상에 기준점이 항상 존재하지 않아서 보정 과정이 어렵고 복잡한 과정을 거쳐야 하기 때문에 단독으로 수행하기 어렵다. 또한 특징점에 의한 오류는 발생하지 않지만 윤선의 굵기에 의한 오류가 발생하여 본인 거부 오류가 타인 인증 오류에 비해 많이 발생된다. 이러한 오류와 단점을 최소화하기 위해 두 지문영상을 특징점 기반 지문정합을 통해 1차 유사도를 구한다. 1차 유사도가 임계값 주변의 α 와 β 사이에 포함되지 않으면 1차 유사도를 바탕으로 지문 인증을 수행한다. 하지만 1차 유사도가 α 와 β 사이에 포함될 경우 이진영상 기반 지문정합을 수행하여 지문 인증을 한다. 영상기반 지문정합시 사용되는 이진영상과 보정값은 특징점 기반 지문정합 과정에서 사용된 이진영상과 보정값을 사용한다. 여기서 보정값은 두 지문영상을 가장 일치하는 형태로 중첩시키는 영상의 이동, 회전값을 의미한다. 이때 특징점 기반 지문정합에서 사용되는 보정값은 특징점 기반 지문정합 유사도가 가장 높을 때의 보정값을 사용하지만 이진영상 기반 지문정합에서는 그 보정값 외에 추가로 다수의 보정값도 이용한다. 이렇게 다수의 보정값을 이용할 경우 가장 높은 유사도를 가진 보정값이 영상을 제대로 보정시키지 못하는 오류를 다른 보정값을 이용하여 개선할 수 있다. 두 이진 지문 영상을 겹친 후 두 지문의 배경부분을 제외한 지문 영역의 윤선과 골을 모두 비교하여 식 1과 같은 방법으로 유사도를 구한다.

$$\text{유사도} = \frac{\text{동일한 픽셀의 개수}}{\text{비교한 픽셀의 개수}} \times 100 \quad (1)$$

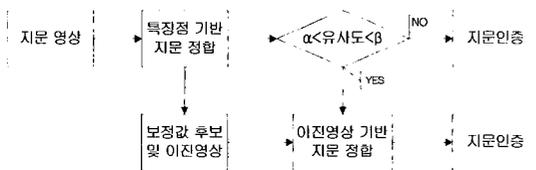


그림 12. 제안한 알고리즘 구조



그림 13. 특징점 기반의 오류를 이진영상 정합에서 개선

이진영상 기반 지문정합을 사용할 경우 그림 13과 같이 타인의 두 지문영상을 특징점 기반 정합을 하였을 경우 유사도가 높아 타인 인증의 오류가 발생된 경우 두 영상을 이진영상 기반 정합을 수행하면 영상의 형태가 다르기 때문에 타인 인증 오류가 발생하지 않는다. 이처럼 특징점 기반의 지문정합시 발생하는 특징점에 의한 오류를 이진영상 정합으로 오류를 감소시킬 수 있다.

4. 실험 결과

실험에 사용한 지문영상은 Nitgen의 지문 센서를 통해 얻은 지문을 이용하였다. 이 영상은 248×292 의 크기를 가지고 있고 한 손가락당 지문영상 10개를 가진 48개의 손가락 지문DB로 총 480개의 지문영상을 이용하였다. 동일지문의 경우 10개의 지문의 부분 집합을 이용하여 한 손가락 당 45번의 지문 인증을 하여 총 2,160개의 동일지문 유사도를 추출하였다. 다른 지문의 경우 10개의 동일 지문 중 한 개의 지문을 선택하여 다른 47개의 손가락에서 한 개의 지문영상들을 선택하여 2,256개의 다른 지문 유사도를 측정하였다.

본 논문은 기존의 특징점 추출 단계를 이용한 후 지문 정합 단계를 개선하여 지문 인증 성능을 향상시키는 것을 목적으로 한다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 이진영상을 이용하여 영상비교를 하기 때문에 이진영상 추출 결과에 따라 성능차이를 나타낼 수 있다. 그림 14는 현재 보유하고 있는 방향성을 고려한 이진화 알고리즘과 NIST의 NBIS(NIST Biometric Image Software)의 이진화 알고리즘을 이용한 영상정합의 FAR과 FRR를 비교한 것이다. 그림 14(a)와 (b)에서 보여주는 FAR과 FRR의 결과 두 알고리즘 중 NBIS의 성능이 근소하게 우수하였다. 따라서 이진영상 추출 알고리즘에 의한 성능차이를 줄이고 정합 단계에서 영상정합을 이용함으로써

발생되는 성능 향상을 확인하기 위해 성능이 확인되어 여러 실험에서 사용되고 있는 NBIS를 이용하여 실험을 수행하였다[15].

두 지문영상을 특징점 기반 지문정합으로 먼저 수행하여 유사도를 내림차순으로 정렬한 후 동일한 보정값들은 제외하고 최대 20개의 지문 보정값을 추출한다. 그 보정값들을 이용하여 이진영상 기반 지문정합을 수행한다. 이진영상 기반 지문정합에서 회전은 추출된 보정값만을 이용하고 이동값은 보정값에 x, y축으로 -20~+20으로 +2씩 이동하며 배경부분을 제외한 지문영역에서 두 지문의 유사도를 계산한다.

최초 α 와 β 는 특징점 기반 지문정합의 결과인 그림 15에서 전체 오류(TER : Total Error Rate)가 가장 적은 유사도 31을 기준으로 한다. 이 유사도 31을 기준으로 최소, 최대 범위를 변경시키며 실험 하였다.

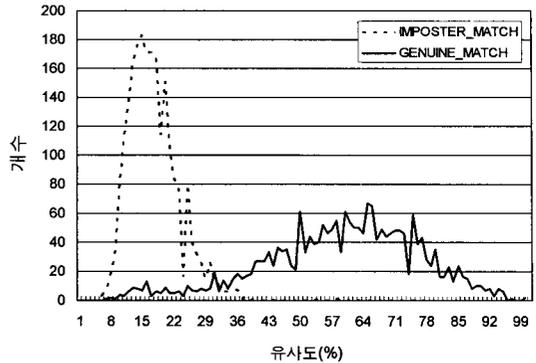


그림 15. 특징점 기반 지문정합 결과

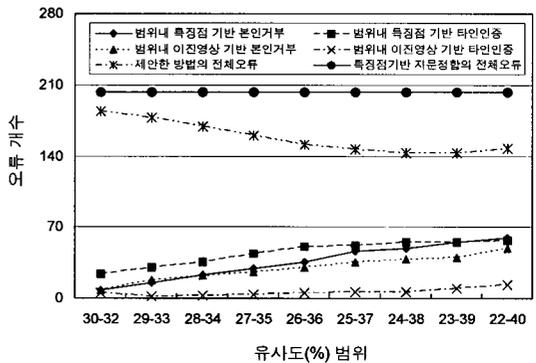
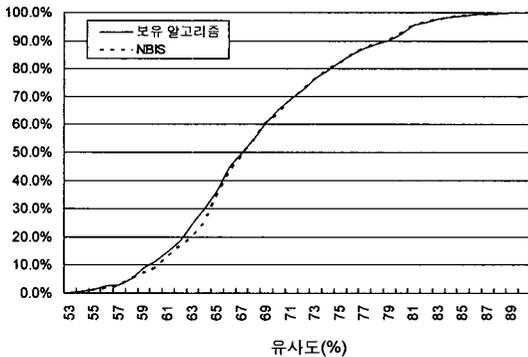
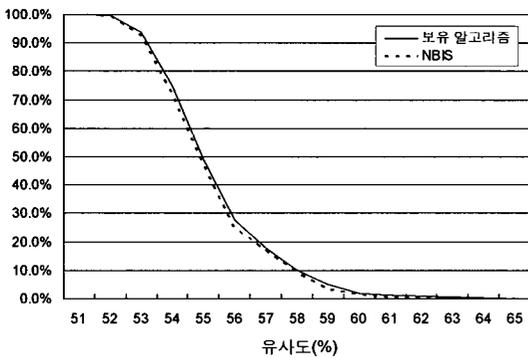


그림 16. 유사도 범위를 균등하게 확대한 결과



(a) FAR



(b) FRR

그림 14. 이진영상 추출 결과에 따른 정합 성능 분석

그림 16은 유사도 31을 기준으로 최소, 최대 유사도 범위를 1씩 증가시키며 측정된 결과이다. 제안된 알고리즘에 사용된 유사도 범위 내 특징점 기반의 본인 거부오류와 타인 인증오류보다 이진영상 기반 본인 거부오류와 타인 인증오류의 성능이 대부분 향상되었고 타인 인증오류 경우 특징점 기반에 비해 눈에 띄게 감소하였다.

유사도 범위 내 오류뿐만 아니라 전체 오류도 제안된 방법이 특징점 기반 지문정합보다 향상되었다. 유사도 범위를 기준 유사도 31을 기준으로 균등히 넓혔을 경우 유사도 범위를 24~38로 하였을 때 TER이 6.4%로 가장 좋은 결과를 보였다.

추가로 유사도 범위를 31을 기준으로 균등하게 확대하지 않고 최소, 최대값을 22~30, 32~40으로 확대시키면서 기준값~최대값, 최소값~기준값의 모든 부분집합을 이용하여 총 90개의 범위를 추가로 실험 하였다. 그림 17은 90개의 추가 범위변경 결과 중 제안된 방법의 전체 오류가 145개 이하인 결과만

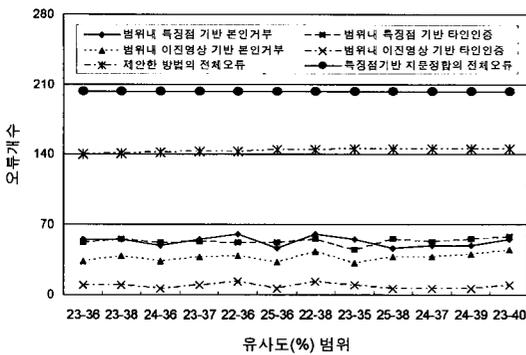


그림 17. 제안한 방법의 전체오류가 145개 이하인 결과

표 1. 지문정합 방법에 따른 결과

지문정합 방법	FRR	FAR	TER
특징점 기반 지문정합	6.5%	2.7%	9.2%
이진영상 기반 지문정합	9.2%	1.7%	10.9%
제한한 알고리즘결과 (유사도 범위 : 23~38)	5.5%	0.8%	6.3%

을 표시한 것이다. 유사도 범위 23~38에서 제안한 방법의 TER이 6.3%로 가장 우수한 성능을 보여주었다.

표 1은 지문정합 방법에 따른 결과이다. 전체오류가 가장 낮은 경우를 기준으로 특징점 기반과 이진영상 기반을 각각 단독으로 수행한 결과 보다 본 논문에서 제안한 방법을 사용하였을 경우 지문 인증 성능이 향상되었다. 특히 타인 인증 오류 FAR은 특징점 기반 지문정합의 2.7%에서 0.8%로 개선되었다. 또한 특징점 기반 지문정합의 FRR과 본 논문에서 제안한 방법의 FRR을 6.5%로 같게 맞추었을 경우 FAR이 2.7%에서 0.4%로 감소하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 지문 인증 시에 등록되지 않은 사용자가 인증되는 오류를 줄이기 위해 특징점 기반과 이진영상 기반 지문정합을 이용하는 알고리즘을 제안하였다. 특징점 기반 지문정합은 잘못된 특징점에 의해 인증오류가 발생한다. 반면에 이진영상 기반 지문정합은 특징점을 사용하지 않고 영상을 직접 비교하기 때문에 특징점 오류가 발생하지 않는다. 하지만 이진영상 기반 지문정합은 기준점이 항상 존재하지

않는 지문영상의 특성 때문에 영상 보정과정에서 어렵고 지문영상의 일그러짐과 크기변화에 의한 오류가 발생된다. 그렇기 때문에 이진영상 기반 지문정합만을 이용하여 지문 인증을 수행하지 않고 특징점 기반 지문정합을 먼저 수행한 후 오류가 많이 발생하는 범위에서 이진영상 기반 지문정합을 수행하였다. 특징점 기반 지문정합에서 추출되는 보정값을 이용하여 이진영상을 보정한 후 이진영상 기반 지문정합을 수행하였다. 그 결과 본인 거부 오류는 6.5%에서 5.5%로, 타인 수락 오류는 2.7%에서 0.8%로 감소하였다.

향후에는 영상정합시 좀 더 정확한 유사도를 구하기 위한 비교방법과 등록 DB 구축시 영상정합에 필요한 이진영상의 효과적인 저장방법에 대한 연구를 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] D. Maltoni, D. Maio, A. K. Jain, and S. Prabhakar, *Handbook of Fingerprint Recognition*, Springer, 2003.
- [2] A. K. Jain, L. Hong, and R. Bolle, "On-line fingerprint verification," *IEEE Trans. on Pattern Analysis Machine Intelligence*, Vol. 19, No. 4, pp. 302-313, April 1997.
- [3] 구자성, 송봉섭, "지문 인식 기술의 개요," 대한 전기학회지, 제52권 5호, pp. 50-53, 2003.
- [4] 이남일, 장효섭, 김학일, "지문인식 센서 및 알고리즘 기술 동향," 정보보호학회지, 제12권 2호, pp. 25-33, 2002.
- [5] 김현, 김학일, "RSTI불변 지문인식 알고리즘," 전자공학회논문지-S, 제35권 6호, pp. 838-850, 1998.
- [6] X. Xie, F. Su, and A. Cai, "Ridge-based fingerprint recognition," *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 3832, pp. 273-279, 2006.
- [7] U. Uludag and A. K. Jain, "Securing fingerprint template: fuzzy valut with helper data," *In Proc. Computer Vision and Pattern Recognition Workshop*, pp. 163-170, 2006.
- [8] 김학일, 안도성, 류춘우, 지문인식, 한국정보통신교육원, 2002.

- [9] 양우석, 허경무, “지문인식을 위한 영상 개선,” 전자공학회논문지-CI, 제38권 3호, pp. 56-60, 2001.
- [10] 장원철, 이동재, 김재희, “변형된 게이머 필터를 사용한 지문영상의 향상,” 전자공학회논문지-SP, 제40권 1호, pp. 103-113, 2003.
- [11] 권준식, “지문영상 처리를 위한 개선된 병렬 선택화 알고리즘,” 전자공학회논문지-SP, 제41권 3호, pp. 73-81, 2004.
- [12] 양지성, 안도성, 김학일, “지문의 의사 특징점 제거 알고리즘 및 성능 분석,” 전자공학회논문지-CI, 제37권 3호, pp. 12-26, 2000.
- [13] 임철수, 이양선, “지문영상의 인식을 위한 특징점 추출,” 한국멀티미디어학회지, 제7권 2호, pp. 68-73, 2003.
- [14] S. B. Pan, Y. H. Gil, D. Moon, Y. Chung, and C. H. Park, “A memory-efficient fingerprint verification algorithm using a multi-resolution accumulator array,” *ETRI Journal*, Vol. 22, No. 3, pp. 179-186, June 2003.
- [15] NIST Biometric Image Software(NBIS), <http://fingerprint.nist.gov/NFIS/>.



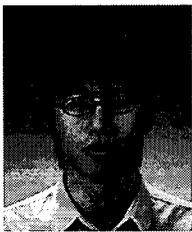
문 대 성

1999년 2월 인제대학교 전산학과(이학사)
 2001년 2월 부산대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
 2007년 2월 고려대학교 대학원 전산학과(이학박사)
 2000년 12월~현재 한국전자통신연구원 정보보호연구단 바이오인식기술연구팀 선임연구원
 관심분야 : 바이오인식, 영상처리, 정보보호



문 기 영

1986년 2월 경북대학교 전자공학과(공학사)
 1989년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 2006년 2월 충남대학교 대학원 컴퓨터공학과(이학박사)
 1992년~1994년 (주)대우정보시스템 기술연구소 전임연구원
 1994년 3월~현재 한국전자통신연구원 정보보호연구단 바이오인식기술연구팀 팀장
 관심분야 : 바이오인식, 웹서비스 보안, 분산 시스템



채 승 훈

2007년 2월 조선대학교 전기공학과(공학사)
 2007년 3월 ~현재 조선대학교 정보통신공학부 석사과정
 관심분야 : 바이오인식, 영상처리



정 용 화

1984년 2월 한양대학교 전자통신공학과(공학사)
 1986년 2월 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)
 1997년 2월 미국 Univ. of Southern California 전기공학과(컴퓨터공학 전공) (공학박사)
 1986년~2003년 한국전자통신연구원 생체인식기술연구팀 팀장
 2003년 9월~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 부교수
 관심분야 : 바이오인식, 정보보호, 바이오정보보호



반 성 범

1991년 서강대학교 전자공학과(공학사)
 1995년 서강대학교 전자공학과(공학석사)
 1999년 서강대학교 전자공학과(공학박사)
 1999년~2005년 한국전자통신연구원 정보보호연구단 생체인식기술연구팀 팀장
 2005년~현재 조선대학교 정보통신공학부(제어계측공학) 조교수
 관심분야 : 바이오인식, 영상처리, VLSI 신호처리